

PO1NM-05205

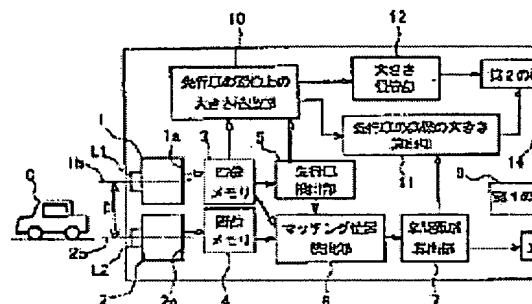
DISTANCE MEASURING INSTRUMENT

Patent number: JP10267618
Publication date: 1998-10-09
Inventor: SHIMOMURA TOMOKO
Applicant: NISSAN MOTOR CO LTD
Classification:
 - international: G01B11/00; B60R21/00; G01C3/06; G06T7/00
 - european:
Application number: JP19970088811 19970324
Priority number(s):

Abstract of JP10267618

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect the axial deviations of stereo cameras without using such a mark that obstructs the visual fields of the cameras.

SOLUTION: When a preceding vehicle detecting section 5 detects a preceding vehicle from one of the pictures taken with cameras 1 and 2 and stored in picture memories 3 and 4, a matching position detecting section 6 detects the window which is the most resemble to a window containing the preceding vehicle from the other picture. When a vehicle-to-vehicle distance detecting section 7 finds the distance to the preceding vehicle from the positions of both windows and the positional relation between the cameras 1 and 2 and keeps the distance in a vehicle-to-vehicle distance keeping section 8. The size of the preceding vehicle in the picture detected by means of an in-picture size detecting section 10 is kept in a size keeping section 12 and, at the same time, an actual size calculating section 11 calculates the actual size of the preceding vehicle from the size of the preceding vehicle and the distance to the preceding vehicle. Then first and second relative speed calculating sections 9 and 13 respectively find first and second relative speeds from the plurality of vehicle-to-vehicle distance changes continuously found at prescribed intervals and the size variation of the vehicle in the pictures and an axial deviation discriminating section discriminates the axial deviation of the cameras 1 and 2 from the difference between the first and second relative speeds.



(51)Int.Cl.⁶

G 0 1 B 11/00

B 6 0 R 21/00

G 0 1 C 3/06

G 0 6 T 7/00

識別記号

6 2 0

F I

G 0 1 B 11/00

B 6 0 R 21/00

G 0 1 C 3/06

G 0 6 F 15/62

H

6 2 0 C

V

4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 17 頁)

(21)出願番号

特願平9-88811

(22)出願日

平成9年(1997)3月24日

(71)出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72)発明者 下村 倫子

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

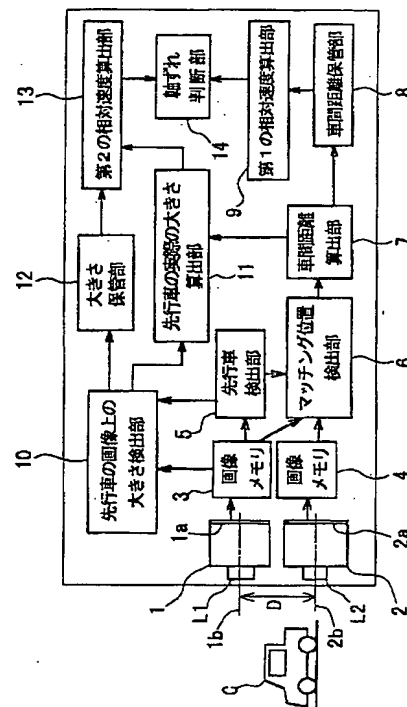
(74)代理人 弁理士 菊谷 公男 (外3名)

(54)【発明の名称】 距離計測装置

(57)【要約】

【課題】 視界を遮るマークなしでステレオカメラの軸ずれを検出する。

【解決手段】 画像メモリ3、4に記憶されたカメラ1、2による画像の一方から先行車検出部5が先行車を検出すると、マッチング位置検出部6がその先行車を含むウィンドウと最類似するウィンドウを他方の画像から検出する。車間距離算出部7が両ウィンドウの位置とカメラの位置関係から車間距離を求め、車間距離保管部8に保管する。画像上の大きさ検出部10で検出される画像上での先行車の大きさが大きさ保管部12に保管されるとともに、これと車間距離とから先行車の実際の大きさを算出部11が実際の大きさを算出する。所定間隔で連続して求めた複数回の車間距離の変化と画像上の大きさの変化から、第1、第2の相対速度算出部9、13でそれぞれ第1、第2の相対速度を求め、軸ずれ判断部が相対速度の差からカメラの軸ずれを判断する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 それぞれの光軸を互いに平行とし所定の眼間距離をもって配置された2台のカメラと、所定時間間隔毎に該2台のカメラが撮像した映像信号をデジタルの第1および第2の画像として一時的に記憶する画像メモリと、前記第1の画像内で計測対象物を検出する対象物検出手段と、第1の画像における前記計測対象物を含むウインドウと最も類似したウインドウの位置を第2の画像内に探索するマッチング位置探索手段と、前記互いに最も類似したウインドウの位置と2台のカメラの位置関係をもとに、計測対象物までの距離を求める距離算出手段と、前記所定時間間隔毎に連続して求めた複数回分の前記計測対象物までの距離を記憶する距離記憶手段と、該距離記憶手段に記憶された計測対象物までの距離の時間的変化から計測対象物との第1の相対速度を求める第1の相対速度算出手段と、前記第1および第2の画像上のいずれかにおける計測対象物の大きさを検出する画像上の大きさ検出手段と、前記画像上の計測対象物の大きさと該計測対象物までの距離に基づいて当該計測対象物の実際の大きさを算出する実際の大きさ算出手段と、前記所定時間間隔毎に連続して求めた複数回分の画像上の計測対象物の大きさを記憶する大きさ記憶手段と、前記計測対象物の実際の大きさと大きさ記憶手段に記憶された画像上の計測対象物の大きさの時間的変化をもとに計測対象物との第2の相対速度を求める第2の相対速度算出手段と、前記第1の相対速度と第2の相対速度の比較に基づいて前記2台のカメラの光軸のずれを判断する軸ずれ判断手段とを有することを特徴とする距離計測装置。

【請求項2】 前記画像上の大きさ検出手段は、計測対象物の大きさを画素単位で検出するものであることを特徴とする請求項1記載の距離計測装置。

【請求項3】 それぞれの光軸を互いに平行とし所定の眼間距離をもって配置された2台のカメラと、所定時間間隔毎に該2台のカメラが撮像した映像信号をデジタルの第1および第2の画像として一時的に記憶する画像メモリと、前記第1の画像を同一サイズの複数のブロックに区切り、各ブロック内に撮像されている対象物までの距離を求め、当該距離のうち最小値の対象物が撮像されているブロックの固まりを計測対象物が撮像されている領域として、前記最小値を計測対象物までの距離とするとともに、画像上の計測対象物の大きさをブロック単位で検出する計測対象物の大きさ・距離判断手段と、前記所定時間間隔毎に連続して求めた複数回分の前記計測対象物までの距離を記憶する距離記憶手段と、該距離記憶手段に記憶された計測対象物までの距離の時間的変化から計測対象物との第1の相対速度を求める第1の相対速度算出手段と、前記画像上の計測対象物の大きさと該計測対象物までの距離に基づいて当該計測対象物の実際の大きさを算出する実際の大きさ算出手段と、前記所定

時間間隔毎に連続して求めた複数回分の画像上の計測対象物の大きさを記憶する大きさ記憶手段と、前記計測対象物の実際の大きさと大きさ記憶手段に記憶された画像上の計測対象物の大きさの時間的変化をもとに計測対象物との第2の相対速度を求める第2の相対速度算出手段と、前記第1の相対速度と第2の相対速度の比較に基づいて前記2台のカメラの光軸のずれを判断する軸ずれ判断手段とを有することを特徴とする距離計測装置。

【請求項4】 前記計測対象物の大きさ・距離判断手段は、前記複数の各ブロック内でエッジを検出するブロック毎エッジ検出部と、第1の画像における前記エッジを含むブロックと最も類似したブロックの位置を第2の画像内に探索するブロック毎マッチング位置検出部と、前記互いに最も類似したブロックの位置と2台のカメラの位置関係をもとに、ブロック毎に検出されたエッジまでの距離を求めるブロック毎距離算出部と、全てのブロックのうち距離が最小値のエッジを含みかつ隣接するブロックの固まりを計測対象物の領域として、最小値を計測対象物までの距離とするとともに、前記ブロックの固まりの大きさを画像上の計測対象物の大きさとする位置・大きさ・距離判断部とからなることを特徴とする請求項3記載の距離計測装置。

【請求項5】 前記計測対象物の大きさ・距離判断手段と大きさ記憶手段の間に、前記ブロックの固まりの所定方向において互いに最離間している2つの列内からそれぞれエッジを検出する両端エッジ検出手段が設けられ、前記大きさ記憶手段には、両端エッジ検出手段で検出されたエッジ間の距離が画像上の計測対象物の大きさとして記憶されることを特徴とする請求項3または4記載の距離計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、ステレオカメラの軸ずれを判断しながらステレオ画像処理による対象物までの距離（たとえば車間距離）計測を行うステレオカメラを用いた距離計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、この種の距離計測装置としては、たとえば特開平8-16999号公報に開示された車間距離計測装置がある。ステレオ画像処理による距離計測においては、カメラの軸ずれ（2つのカメラの光軸のずれ）がその計測精度に大きな影響を与えるので、これを正しく把握する必要がある。そこで上記の従来技術では、カメラの取付け位置や姿勢が取付け時からずれたことを判断するために、取付け位置認識マークをカメラの撮像エリア内に入るように取付け、そのマークが撮像される位置の変化を判断することでカメラの軸ずれを判断するようにしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記の車間距

離計測装置では、まず、カメラと認識対象物の間に、軸ずれを判断するためだけに用いるマークが撮像されるため、そのマークと対象物が重なる部分では対象物の検出ができなくなるという欠点がある。また、毎回の認識処理毎において、位置、姿勢がずれていないことを確認するために、マークの位置に撮像されている部分が確かにマークであるか否かの判断が必要となり、その分処理時間が長くなるという欠点もある。また、このマークは、カメラとマークとの位置関係を固定にするためにカメラを搭載した車両の一部、たとえばフロントガラスなどに付ける必要があるが、そのマークが運転手の視界を遮るという不都合もある。

【0004】さらに、ステレオ画像処理による距離計測におけるカメラの微妙な軸ずれは、大きな軸ずれやカメラの故障とは異なり、画像処理があたかも正常であるかのように動作するため、発見が非常に困難であるが、計測において最も正確さが求められる“距離値”は微妙な軸ずれにも影響されるため、軸ずれは精度よく判断される必要がある。しかし、従来装置では、マークまでの距離がカメラから先行車などの認識対象までの距離に対して非常に短いことから、車両から外界を認識するためのカメラではマークに対してのピントが合わず、微妙な軸ずれを発見することが非常に困難である。したがって、この手法で精度よく微妙な軸ずれを発見するためには、カメラのピントをマークの位置から障害物検出位置まで幅広く調整できる特別な機構が必要となる。

【0005】この発明はこのような従来の問題点に鑑み、視界を遮るようなマークを必要とせずに、微妙な軸ずれも精度よく検出することができるステレオカメラを用いた距離計測装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】このため、請求項1記載の本発明は、それぞれの光軸を互いに平行とし所定の眼間距離をもって配置された2台のカメラと、所定時間間隔毎に2台のカメラが撮像した映像信号をデジタルの第1および第2の画像として一時的に記憶する画像メモリと、第1の画像内で計測対象物を検出する対象物検出手段と、第1の画像における計測対象物を含むウィンドウと最も類似したウィンドウの位置を第2の画像内に探索するマッチング位置探索手段と、上記互いに最も類似したウィンドウの位置と2台のカメラの位置関係をもとに、計測対象物までの距離を求める距離算出手段と、上記所定時間間隔毎に連続して求めた複数回分の計測対象物までの距離を記憶する距離記憶手段と、距離記憶手段に記憶された計測対象物までの距離の時間的変化から計測対象物との第1の相対速度を求める第1の相対速度算出手段と、第1および第2の画像上のいずれかにおける計測対象物の大きさを検出する画像上の大きさ検出手段と、画像上の計測対象物の大きさと計測対象物までの距離に基づいて当該計測対象物の実際の大きさを算出する

実際の大きさ算出手段と、上記所定時間間隔毎に連続して求めた複数回分の画像上の計測対象物の大きさを記憶する大きさ記憶手段と、計測対象物の実際の大きさと大きさ記憶手段に記憶された画像上の計測対象物の大きさの時間的変化とをもとに計測対象物との第2の相対速度を求める第2の相対速度算出手段と、第1の相対速度と第2の相対速度の比較に基づいて2台のカメラの光軸のずれを判断する軸ずれ判断手段とを有するものとした。

【0007】請求項3記載の発明は、上記の対象物検出手段、マッチング位置探索手段および距離算出手段のかわりに、第1の画像を同一サイズの複数のブロックに区切り、各ブロック内に撮像されている対象物までの距離を求め、当該距離のうち最小値の対象物が撮像されているブロックの固まりを計測対象物が撮像されている領域として、上記最小値を計測対象物までの距離とするとともに、画像上の計測対象物の大きさをブロック単位で検出する計測対象物の大きさ・距離判断手段を備えるものとした。

【0008】上記計測対象物の大きさ・距離判断手段は、複数の各ブロック内でエッジを検出するブロック毎エッジ検出部と、第1の画像における上記エッジを含むブロックと最も類似したブロックの位置を第2の画像内に探索するブロック毎マッチング位置検出部と、互いに最も類似したブロックの位置と2台のカメラの位置関係をもとに、ブロック毎に検出されたエッジまでの距離を求めるブロック毎距離算出部と、全てのブロックのうち距離が最小値のエッジを含みかつ隣接するブロックの固まりを計測対象物の領域として、最小値を計測対象物までの距離とするとともに、上記ブロックの固まりの大きさを画像上の計測対象物の大きさとする位置・大きさ・距離判断部とから構成することができる。

【0009】また、請求項5記載の発明は、上記計測対象物の大きさ・距離判断手段と大きさ記憶手段の間に、さらにブロックの固まりの所定方向において互いに最離間している2つの列内からそれぞれエッジを検出する両端エッジ検出手段を設け、大きさ記憶手段には、両端エッジ検出手段で検出されたエッジ間の距離を画像上の計測対象物の大きさとして記憶するものとした。

【0010】

【作用】請求項1記載のものでは、2台のカメラがステレオカメラを形成して、視差をもった第1および第2の画像が所定時間間隔毎に画像メモリに記憶される。対象物検出手段により第1の画像内で計測対象物が検出されると、その計測対象物を含むウィンドウをテンプレートとしてマッチング位置探索手段が第2の画像内でテンプレートと最も類似したウィンドウの位置を探す。そして、距離算出手段が両ウィンドウの位置と2台のカメラの位置関係をもとに、計測対象物までの距離を求め、これを距離記憶手段に逐次記憶していく。第1の相対速度算出手段では、距離記憶手段に記憶された複数回分の距

離の時間的変化から計測対象物との第1の相対速度を算出する。

【0011】一方、画像上の大きさ検出手段によりいずれかの画像における計測対象物の大きさを検出し、この画像上の計測対象物の大きさと計測対象物までの距離に基づいて実際の大きさ算出手段が当該計測対象物の実際の大きさを算出するとともに、画像上の計測対象物の大きさを大きさ記憶手段に逐次記憶していく。第2の相対速度算出手段では、計測対象物の実際の大きさと大きさ記憶手段に記憶された画像上の計測対象物の大きさの時間的変化から計測対象物との第2の相対速度を算出する。そして、軸ずれ判断手段が第1の相対速度と第2の相対速度を比較して、2台のカメラの光軸のずれを判断する。

【0012】請求項3記載のものでは、計測対象物の大きさ・距離判断手段において、第1の画像の各ブロック内に撮像されている対象物までの距離を求め、当該距離のうち最小値の対象物を撮像しているブロックの固まりを抽出して、当該最小値を計測対象物までの距離とする。この際併せて、ブロックの数により画像上の計測対象物の大きさが求められる。

【0013】また、請求項5記載のものでは、両端エッジ検出手段において、計測対象物の大きさ・距離判断手段で抽出されたブロックの固まりの所定方向において互いに最離間している2つの列、例えば最上段と最下段の列からそれぞれエッジを検出する。これにより計測対象物の例えば上縁と下縁が検出される。このエッジ間の距離が画像上の計測対象物の大きさとして大きさ記憶手段に記憶され、第2の相対速度算出手段で計測対象物の実際の大きさと大きさ記憶手段に記憶されたエッジ間の距離の時間的変化から計測対象物との第2の相対速度が算出される。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を実施例により説明する。ここでは、実施例に係るステレオカメラを用いた距離計測装置を具体的に説明する前に、ステレオカメラにより得られるステレオ画像を処理して求めた前方障害物である先行車までの距離をもとに相対速度（第1の相対速度 V_1 ）を求める方法と、先行車の画像上での大きさの変化から相対速度（第2の相対速度 V_2 ）を求める方法とを説明し、次にこれら2つの異なる手法で求めた相対速度 V_1 、 V_2 を比較することによりステレオカメラの軸ずれを判断する原理を説明する。

【0015】まず、ステレオ画像を処理して求めた先行車までの車間距離（以下、単に距離という）をもとに第1の相対速度 V_1 を求める方法を説明する。図1は、ステレオ画像を用いて三角測量の原理でステレオカメラから先行車Cまでの距離 Z を求める原理を説明する図である。ここでは、ステレオカメラを構成する2台のカメラ1、2が車両に搭載されている。カメラ1、2は、同一

の焦点距離 f を有するレンズ L_1 、 L_2 と、各レンズから撮像面までの距離が焦点距離 f となるように配置されたCCD1a、2aとをそれぞれ有するCCDカメラである。カメラ1、2は、CCD1a、2aの各撮像面が同一垂直面内に位置し、各撮像面の垂直基準軸であるY軸、すなわCCD1aの撮像面のYA軸とCCD2aの撮像面のYB軸が一致し、レンズ L_1 、 L_2 の光軸1b、2bが互いに平行でかつ眼間距離（光軸1b、2b間の距離） D が所定の値となるように、上下に並べて配置されている。

【0016】焦点距離 f 及び眼間距離 D が既知であり、光軸1b、2bが互いに平行な2台のカメラ1、2で車両前方を撮像して得られる2つの画像からなるステレオ画像において、2つの画像間のマッチング位置（最も類似する位置で、図1では各画像内における先行車Cのリヤ側上縁部の位置）のY座標 y_a 、 y_b を求めることができれば、カメラ1、2から先行車Cまでの距離 Z は下記の式（1）より求めることができる。

$$Z = f \times D / (y_b - y_a) \quad (1)$$

ここで、 f 、 y_a 、 y_b の単位はCCD1a、2aの画素であり、 D 、 Z の単位はmmである。なお、一般に焦点距離 f は単位をmmで表す場合が多いが、式（1）の焦点距離 f は画素を単位として計算する。

【0017】ここで、画素を単位とする焦点距離 f の求め方を図2に基づいて説明する。図2の（a）は大きさのわかっている幅 W （m）の物体C'を距離 Z （m）だけ離れたところで2台のカメラ1、2の一方（ここではカメラ1）により撮像したときの様子を示し、同図の

（b）はそのとき得られる画像Aを示す。以下の説明では、カメラ1により撮像される画像をA、そしてカメラ2により撮像される画像をBとする。

【0018】画素を単位とする焦点距離 f は、大きさのわかっている幅 W （m）の物体C'を距離 Z （m）だけ離れたところにおいて撮像し、このとき得られる画像A（または画像B）上での物体C'の幅 x_w （画素）をエッジ検出などの画像処理により検出することで、下記の式（2）により求めることができる。

$$f = x_w \times Z / W \quad (2)$$

ここで、 x_w の単位は画素であり、 Z 、 W の単位はmである。

【0019】第1の相対速度 V_1 は、式（1）をもとに一定時間 Δt 毎に求めた数回分の距離値（車間距離 Z の値）をもとに求める。図3は第1の相対速度 V_1 の求め方を説明するグラフで、横軸は時間 t （ms）を、縦軸は車間距離 Z （m）をそれぞれ表している。このグラフは過去数回（ n 回）で求めた n 点の距離値を Δt 毎にプロットしたものである。第1の相対速度 V_1 は、ある時間 $n \times \Delta t$ 内で変化した相対距離を R として、 $V_1 = R / (n \times \Delta t)$ であるので、このグラフの点列の最小二乗誤差をとる直線（ $Z = a \times t + b$ で表す直線）の傾き

aを求めれば、それが第1の相対速度V1となる。このように、ステレオ画像を処理して求めた距離の変化(数回分の距離値)をもとに第1の相対速度V1を求めることができる。

【0020】次に、先行車Cの大きさの時間的変化をもとに第2の相対速度V2を求める方法を説明する。図4の(a)は、先行車Cを距離Z1(m)だけ離れたところで撮像(ここではカメラ1により撮像)したときの様子を示し、同図の(b)はその得られる画像Aを示す。同様に、図5の(a)は、先行車Cを距離Z1より遠い距離Z2(m)だけ離れたところで撮像したときの様子を示し、同図の(B)はそのとき得られる画像Aを示す。

【0021】図4及び図5から明らかなように、先行車Cの画像(2つの画像A、Bの一方)上での大きさは先行車Cまでの距離Zに応じて変化するので、先行車Cの屋根(上端)から底(下端)までの高さh(m)、焦点距離f(画素)、画像A上での先行車Cの屋根のエッジから底のエッジまでの長さ(画像A上での先行車Cの高さ)をyw、距離をZ(m)とすると、下記の式(3)の関係が成り立つ。

$$Z = h \times f / y_w \quad (3)$$

【0022】この式からわかるように、仮に先行車Cの高さhがわかっているならば、1つの画像(2つの画像A、Bの一方)を利用した画像処理により、先行車Cの上下のエッジ間の距離(画像上での大きさ)ywを求めることができる。通常、先行車Cの高さhは未知の値であるが、ここでは、ステレオ画像処理によって距離Zが上記の式(1)により求められているため、ywを求めることができれば、式(3)の変形式 $h = Z \times y_w / f$ の計算により、先行車の高さhを求めることができる。

【0023】その高さhを求めることができれば、式(3)により逐次の距離Zを求めることができる。そのため、一定時間Δt毎に計測した距離値を図3のグラフで示すようにプロットすることで、ステレオ画像処理の結果をもとに第1の相対速度V1を求めたときと同様に、先行車Cとの相対速度(第2の相対速度V2)を求めることが可能となる。ここで、第2の相対速度V2は同じ先行車Cを追従しているときに計測するものであるため、高さhは固定である。つまり、画像上で先行車Cを発見した時点で、一度高さhを求めてしまえば、先行車Cの画像上での大きさ(ここでは高さyw)の時間的変化だけをもとにその先行車との相対速度V2を求めることが可能となる。

【0024】すなわち、第1の相対速度V1を求めた*

$$Z' = f \times D / \{ (y_b / \cos \theta) + f \times \tan \theta - y_a \}$$

このため、ステレオカメラの軸がずれた状態で計測した第1の相対速度V1は、常に、ybが $(y_b / \cos \theta) + f \times \tan \theta$ に近い値に誤認識されて求められ

*めに用いた図3のグラフの縦軸にあたる距離Zを、画像上で先行車Cを発見したときに求めた先行車Cの高さhと一定時間Δt毎に求めた先行車Cの画像上での高さywとを式(3)に代入して求めてプロットし、これらのプロットした点列の最小二乗誤差をとる直線の傾きaを算出することで第2の相対速度V2を求めることができる。このようにして、先行車Cの画面上での大きさの時間的変化をもとに第2の相対速度V2を求めることができる。

【0025】次に、ステレオカメラの軸ずれは、上記異なる手法で求めた2つの相対速度V1、V2を用いて次の原理により判断する。軸ずれの確認は、ある一定時間だけ同じ先行車Cを追従しているときに行う。同じ先行車Cを追従している場合、相対速度を正しく求めることができているならば、上記2つの方法で求めた相対速度V1、V2は同じはずである。ここで、ステレオカメラを構成する2台のカメラ1、2の光軸1b、2bが平行で軸ずれのない状態から、カメラ2の光軸2bが傾いた軸ずれのある状態に変わったものとする。

【0026】図6の(a)は、軸ずれがない状態で先行車Cを撮像している状態を示し、図7の(a)はそのとき得られるステレオ画像(下側にある画像Aと上側にある画像B)を示す。また、図6の(b)は、カメラ2の光軸2bが傾いた状態で先行車Cを撮像している状態を示し、図7の(b)はそのとき得られるステレオ画像を示す説明図である。図6及び図7からわかるように、カメラ1、2の一方の軸がずれると先行車Cが撮像される位置がずれるため、ここでは図7の(b)に示す画像B上でのマッチング位置の座標yb'が、両光軸1b、2bが平行なときのマッチング位置の座標yb(図7の(a)参照)とは異なる位置になる。このため、式(1)より、(ya-yb)の値をもとに求める距離Zは誤った値となる。つまり、ステレオカメラの軸がずれると、距離Zが正確でなくなるため、この距離をもとに求めた第1の相対速度V1も正確な値ではなくなる。

【0027】次に、距離値がどのように誤算出されるかを具体的に求めてみる。図8は、カメラ2の光軸2bが角度θだけ傾いた状態を示す。光軸2bが角度θだけ傾くと、その傾きがないときには座標ybのマッチング位置に撮像されるべきエッジ(先行車Cのリヤ側上縁部)が、yb'=(yb/cosθ)+f×tanθで表される座標yb'付近の位置に撮像される。つまり、その座標yb'のエッジを用いて求めた距離Z'は、上記式(1)のybにyb'を代入して、下記の式(4)で表わされる。

$$(4)$$

た誤った距離Z'をもとに算出されることになる。

【0028】一方、先行車Cの画像上での大きさの時間的変化をもとに第2の相対速度V2を求める場合を、図

9に基づいて考えてみる。同図の(a)は、光軸1bが傾いていないカメラ1で先行車Cを撮像している状態、

(b)は光軸が傾いたカメラで先行車Cを撮像している状態を示す。前述のように、先行車Cの画像上での大きさの時間的変化を求める場合は、2台のカメラ1、2のうち、どちらか一方を用いればよい。仮に、図9の

(a)で示すように光軸の傾いていない方のカメラ1を用いて第2の相対速度 V_2 を求める場合、先行車Cの画像上での大きさ(ここでは高さ) y_w は正しく求められる。

【0029】ところが、ステレオカメラの軸ずれにより、式(4)で表わされるような誤った距離 Z' をもとに求めた先行車の高さ h' を用いて距離 Z を式(3)により算出することになる。そのため、正確な先行車の高さを h とすると、距離 Z が必ず h'/h 倍される。したがって、図3のグラフと同様にプロットした点列の最小二乗誤差をとる直線の傾きである第2の相対速度 V_2 も、正確な相対速度の h'/h 倍された値となる。

【0030】また、図9の(b)で示すように光軸が傾いた方のカメラを用いて第2の相対速度 V_2 を求める場合は、先行車Cの画像上での大きさは、本来 y_w であるところが、常に $1/\cos\theta$ 倍されて $y_w/\cos\theta$ になる。そのため、その値 $y_w/\cos\theta$ と、誤った距離 Z' をもとに求められた先行車Cの大きさ h' とをもとに距離 Z が式(3)により算出される。すなわち、距離 Z は、常に正確な値の $(h' \times \cos\theta)/h$ 倍された値として求められる。そのため、第2の相対速度 V_2 も正確な相対速度の $(h' \times \cos\theta)/h$ 倍された値として算出される。このように、光軸の傾いていない方のカメラを用いて相対速度 V_2 を求める場合と光軸が傾いたカメラを用いて相対速度 V_2 を求める場合のいずれによっても相対速度 V_2 を正しく求めることはできなくなる。

【0031】ところで、先行車Cの画像上での大きさの時間的変化をもとに求める第2の相対速度 V_2 は、距離 Z が必ずある一定倍された値をもとに求められる。これに対し、ステレオ画像処理で求められる距離 Z は、前記一定倍とは異なる割合で求められる。すなわち、一方のカメラの軸が角度 θ 傾いた場合であれば、式(1)の分母の y_a 、 y_b のうちのどちらか一方が $1/\cos\theta$ 倍され、かつその分母に $f \times \tan\theta$ が加算されている。

【0032】このため、距離 Z の時間的変化をもとに求める第1の相対速度 V_1 は、先行車Cの画像上での大きさの時間的変化をもとに求める第2の相対速度 V_2 とは異なる値となる。つまり、ステレオカメラの軸ずれがおきると、相対速度 V_1 、 V_2 に差異が生じる。本発明は、この原理を用いることにより、2つの異なる手法で求めた相対速度 V_1 、 V_2 を比較して、軸ずれの判断を行う。

【0033】次に、本発明の具体的実施例について説明

する。図10は、車両に搭載され先行車との車間距離を計測する距離計測装置に適用した第1の実施例の構成を示すブロック図である。2台のカメラ1、2がステレオカメラを構成し、それぞれ、同一の焦点距離 f を有するレンズ L_1 、 L_2 と、各レンズから撮像面までの距離が焦点距離 f となるように配置されたCCD1a、2aとを有するCCDカメラからなる。カメラ1、2は、前方を撮影するのに適した車両上の所定の部位に取り付けられている。カメラ1、2は、先の図1に示すように、CCD1a、2aの各撮像面が同一垂直面内に位置し、各撮像面の垂直基準軸(YA軸、YB軸)が一致し、レンズ L_1 、 L_2 の光軸1b、2bが水平かつ互いに平行となり、かつ所定の眼間距離 D をもって上下に並べて配置されている。

【0034】カメラ1、2は、それぞれが撮像して出力する映像信号をデジタル画像(図7に示す画像A、B)として一時的に記憶する画像メモリ3、4に接続されている。そして、画像メモリ3にはその記憶されたデジタル画像(以下、単に画像という)Aから先行車Cを検出する先行車検出部5が接続されるとともに、さらに画像メモリ3と4には記憶された画像A、Bに基づき、両画像A、Bの一方内において先行車Cが検出された画像領域と最も類似した画像領域が存在する位置(マッチング位置)をその他方の画像内から探すマッチング位置検出部6が接続されている。

【0035】マッチング位置検出部6には車間距離算出部7が接続され、両画像A、B内のマッチング位置と2台のカメラ1、2の焦点距離 f 、眼間距離 D などの位置関係データをもとに、先行車Cまでの距離を求める。この車間距離算出部7で連続して一定時間 Δt 毎に求められた過去数回分の距離データは車間距離保管部8に保管される。そして、車間距離保管部8に接続された第1の相対速度算出部9において、過去数回分の距離データをもとに先行車Cと自車との相対速度(第1の相対速度) V_1 を求めるようになっている。

【0036】さらに、画像メモリ3と先行車検出部5には画像上の大きさ検出部10が接続され、画像Aと先行車Cの検出結果とに基づいて、先行車Cの画像上での大きさを算出する。この画像上の大きさ検出部10で連続してたとえば一定時間 Δt 毎に求めた先行車Cの画像上での大きさは、大きさ保管部12に保管される。また、車間距離算出部7と画像上の大きさ検出部10とに接続されて、先行車の実際の大きさ算出部11が設けられ、車間距離算出部7で求めた距離データと画像上の大きさ検出部10で検出した先行車Cの画像上での大きさとに基づいて、先行車Cの実際の大きさを算出する。

【0037】先行車の実際の大きさ算出部11と大きさ保管部12とは第2の相対速度算出部13に接続され、ここで先行車Cの実際の大きさと連続して求めた先行車Cの画像上での大きさ(の時間的変化)をもとに第2の

相対速度V2が求められる。そして、ステレオカメラを構成するカメラ1、2の軸ずれを判断する軸ずれ判断部14が、第1の相対速度算出部9と第2の相対速度算出部13とに接続されている。

【0038】このような構成を有する距離計測装置は、2台のカメラ1、2を用いて先行車Cを追従し、カメラ1、2から出力される画像A、Bからなるステレオ画像を処理して求めた距離の時間的変化をもとに求めた第1の相対速度V1と、先行車Cの画像上での大きさの時間的変化をもとに求めた第2の相対速度V2とを比較する

ことで、ステレオカメラの軸ずれを判断し、軸ずれ分の補正を行いながら、車間距離計測処理を行う。

【0039】次に、本実施例に係る距離計測装置の処理動作を、図11、図12のフローチャートにより説明する。まず、ステップ100で、初期設定を行って先行車Cの追従回数NUMを0にする。次のステップ101で、ステレオ画像、すなわちカメラ1、2からそれぞれ出力される画像A、Bを画像メモリ3、4にそれぞれ入力して記憶する。ステップ102では、先行車検出部5がこの記憶したステレオ画像が1回目のもの、すなわち追従回数NUMが0であるかどうかをチェックして、NUM=0のときは、ステップ103において、両画像A、Bのどちらか一方（本実施例では画像メモリ3に記憶された画像A）を用いて先行車Cの位置検出処理を行う。ここでは、画像内において図13に示すように走行路の2本の白線30、31を検出し、あるしきい値以上*

*の強度と長さを有して両白線の間に挟まれる横エッジを画像の下から上へ向けて探索し、この条件を満たす横エッジを先行車の一部であるとみなす。

【0040】先行車検出部5では、こうして先行車を発見した場合、画像A内におけるその発見位置に所定の大きさのウインドウ40を設定し、これをテンプレートとして保存する。ウインドウ40は、図14の(a)に示すように、始点を(Xa, Ya)として、X軸方向の幅をxw、Y軸方向の幅をywとする。

【0041】ステップ104で、上記処理の結果先行車を発見したかどうかをチェックする。先行車を発見した場合はステップ105に進む。また、上記の条件を満たす横エッジを見つけないことができなかったときは、自車の走行レーン上には先行車がないものとみなし、ステップ101に戻って同じ処理を繰り返す。

【0042】次にステップ105では、マッチング位置検出部6において、ウインドウ40のテンプレートを用いて画像A、B間の互いに対応するマッチング位置ya, ybを求める。マッチング位置ya, ybは、ウインドウ40をテンプレートとして、画像Bからテンプレートの画像と最も類似度の高い位置を式(5)を用いた正規化相関法により求め、始点yaに対応する画像Bにおけるマッチング位置ybとする。なお、式(5)において、テンプレートの画像の各画素の輝度値をAij、画像Bの各画素の輝度値をBijとする。

【数1】

$$\text{類似度} = \frac{\sum_j \sum_i^{yw \times xw} (A_{ij} - \bar{A}) \times (B_{ij} - \bar{B})}{\sqrt{\sum_j \sum_i^{yw \times xw} (A_{ij} - \bar{A})^2} \times \sqrt{\sum_j \sum_i^{yw \times xw} (B_{ij} - \bar{B})^2}} \quad (5)$$

【0043】図14は、上記正規化相関法による画像A、B間のマッチングの考え方を簡単に示す説明図である。ここでは2台のカメラ1、2をそれぞれのY軸が同一線上にのるように配置してあるので、画像B内において、画像Aのテンプレート（ウインドウ40）と同じX座標の位置で、探索位置をY軸方向に順次ずらした複数の位置検出対象画像を求める。そして、図14の(b)に取り出して示すテンプレートと(c)に示す画像Bから取り出した(d1)から(d3)に示す各位置検出対象画像との比較から、類似度の最も高い位置検出対象画像を求めることとなる。図中、(d1)はテンプレートのY軸位置より上方の位置検出対象画像、(d3)はテンプレートより下方の位置検出対象画像、そして(d2)はテンプレートと同位置で類似度最大の位置検出対象画像を示している。

【0044】このあと、ステップ106において、車間距離算出部7で先行車Cまでの距離Zを求める。距離は、先の図1に示した原理に従い、画像A、B内のマッ

チング位置ya, ybを前述の式(1)に代入して求める。このようにして、入力した画像A、Bに基づいてステップ106で先行車までの距離が求められると、ステップ107に進んで当該距離データが車間距離保管部8に記憶、保管される。

【0045】この間、先行車検出部5による画像A上での先行車の位置検出にあたっては、今回の検出対象車が前回と同じ車であるか否かを判断する必要がある。そのため、1度先行車を発見した後、すなわちNUMが0ではないときには、ステップ102から108へ進んで、前回発見した先行車を検出対象として、その先行車の画像上の位置を次の入力画像上で探し、割り込み車が来るまでは同一車両を追従するようにする。

【0046】次に、この追従方法について説明する。前述のように、一度先行車を発見したときは、その先行車位置に切ったウインドウをテンプレートとして保存してある。図15の(a)は前回入力した画像Aを示し、(b)はそれから切り出して保存されたテンプレートを

示している。その次に入力した(c)に示す新たな画像Aにおける先行車位置検出は、上記保存されたテンプレートと最も類似度の高い位置を探すことにより行われる。類似度は、ステップ105で画像A、B間のマッチングに用いた手法と同様に、正規化相関法を用いることができる。すなわち、テンプレートの各画素の輝度値を*

$$\text{類似度} = \frac{\sum_j \sum_i^{yw \times xw} (T_{ij} - \bar{T}) \times (A_{ij} - \bar{A})}{\sqrt{\sum_j \sum_i^{yw \times xw} (T_{ij} - \bar{T})^2} \times \sqrt{\sum_j \sum_i^{yw \times xw} (A_{ij} - \bar{A})^2}} \quad (6)$$

【0047】新たに入力した画像A上において位置をずらしながら、前回入力した画像Aから作成したテンプレートに対し、式(6)で表わされる類似度の最も高い画像が存在する位置を探して、その位置を先行車位置とする。図15中、(d2)の位置検出対象画像がテンプレートに対し最も高い類似度を示し、(d1)は(c)に示す新たな画像Aにおいて(d2)よりも左上にずれた位置画像、(d3)は(d2)よりも右下にずれた位置画像を示している。

【0048】なお、新たに入力した画像Aにおいて先行車位置を検出した後は、そのまた次に入力する画像Aでの先行車位置検出用として検出位置で切ったウインドウ内の画像を新たなテンプレートとして保存する。これにより、画像上の先行車位置検出のために用いるテンプレートは、常時更新されていく。このようにテンプレートを毎回更新することで、先行車が遠ざかったり近づいたりして大きさが変わる場合にも、正規化相関法によるマッチングで先行車に追従する。

【0049】一方、式(6)から求める類似度の最大値が所定のしきい値以下になったとき、あるいは先行車位置が画像の左右の端に来たときには、追従中の先行車と自車との間に割り込み車が入ったか、先行車を見失ったものと判断する。ステップ109では、上記追従結果をチェックし、追従して先行車位置を検出しているときはステップ106へ進む。また、割り込み車が入ったり、先行車を見失ったときは、ステップ110で、追従回数をNUM=0にリセットしたあと、ステップ101へ戻り、再び、2本の白線を用いての先行車発見処理によって新たな先行車を発見する処理で画像上の先行車位置を検出し直す。

【0050】ステップ107の次のステップ111では、画像上の大きさ検出部10において、先行車の画像上での大きさを検出する。ステレオ画像2枚のうちどちらか一方を用いて求めればよいから、ここでは図16の(a)に示すように、画像Aにおける先行車の屋根に対応する上端エッジ(yt)とその車体下面に対応する下端エッジ(ys)との間の長さywを求めて先行車の画像上での大きさとする。

*Tij, 新たに入力した画像Aから抜き出した(d1)~(d3)に示す複数の位置検出対象画像の各画素の輝度値をAijとすると、互いの画像の類似度は式(6)より算出することができる。

【数2】

【0051】ここでは、先のステップ103で求められた先行車位置において、画像A内に上下のエッジ検出用のウインドウを切る。そのウインドウは画像上の先行車全体を含むようにするため、図16の(a)に示すように、先行車検出用のウインドウより大きくし、位置と大きさを決めた後、数個に縦方向に分割する。

【0052】この複数の縦長のウインドウにおいて、(b)に示すように、下から上に向けて、先行車位置検出と同じ要領で所定のしきい値以上のエッジ強度および所定のしきい値以上の長さを持つエッジを探して、下端エッジを検出する。この際のエッジ強度のしきい値は、先行車発見時に検出したエッジ強度をもとにその値に近い値として定める。検出したエッジの強度は、ソーベルオペレータなどを用いてエッジの微分値として求める。

【0053】また、長さのしきい値は、次のような方法で定める。図17に示すように、先行車Cの幅をW、先行車の高さをh、先行車の底からカメラの光軸までの高さをk、カメラから先行車までの距離をZとすると、

$$xw : W = f : Z$$

$$yw : h = f : Z$$

$$yc : k = f : Z$$

の関係が成立する。したがって、先行車の幅xwとy座標値ycの間には、式(7)の関係が成り立つ。

$$xw/W = yw/h = yc/k \quad (7)$$

【0054】先行車の幅Wは通常1.5~1.8m程度であるので、エッジを発見したy座標位置をもとに式

(8)より画像上での先行車のだいたいの横幅xwを求めることができる。

$$xw = yc \times W / k \quad (8)$$

発見した横エッジがこのxwの値に近い長さであれば、先行車の下端エッジであると判断する。

【0055】検出したエッジの長さは次のような方法で求める。先行車の大きさ検出用として切った図16に示す縦長のウインドウの1つにおいて、エッジ強度がしきい値以上である水平エッジを検出し、そのエッジのy座標位置が隣接するウインドウにおいても同じであれば、同一のエッジであるとみなす。つまり、ウインドウの幅がxwinのウインドウにおいてS個連続して同じ位置

にエッジが検出されたら、そのエッジの長さは $S \times x_{win}$ とする。しきい値との比較判断は、 $S \times x_{win}$ の値と式(8)で求めた値との間で行い、互いに近い値であれば条件を満たしていると判断する。これらの条件に合うエッジを下から上に向けて探し、最初に検出されたエッジを先行車の下端エッジとする。

【0056】次に、上端エッジの概略の位置は、下端エッジから上方に下端エッジの長さと同様程度の距離にあるものと想定されるので、その付近だけに探索範囲を限定して、下端エッジが発見されたものと同じウインドウにおいて、図16の(c)に示すように、上から下に向けて、下端エッジの探索と同じ方法で探索する。ただし、車両の形状により、上端エッジは下端エッジより短い場合もあるので、エッジの長さのしきい値は、下端エッジが発見されたウインドウの内、両端を除いた数個のウインドウだけでも上端エッジとみなすこととする。なお、図16中、×印はエッジ長さが短いために選択されなかったエッジを示し、○印は合計長さがしきい値付近で先行車と判断されるエッジを示している。

【0057】このような方法で、下端エッジ位置 y_s と上端エッジ位置 y_t を検出し、 $(y_s - y_t)$ を画像上での先行車の大きさ y_w とする。このようにして、画像上での先行車の大きさ y_w が求められると、ステップ112に進んで当該大きさデータが大きさ保管部12に記憶、保管される。

【0058】次にステップ113において、先行車の実際の大きさ算出部11で、追従する先行車の実際の高さ h を求める。これは、式(3)の変形式 $h = Z \times y_w / f$ に先のステップ106で求めた距離 Z と画像上での先行車の大きさ y_w を代入することにより求められる。なお、先行車の実際の高さ h は固定値であるから、先行車追従の開始時の初回データに基づいて1回だけ求めればよい。

【0059】このあと、ステップ114において、追従回数(保管データ数)NUMを1だけ加算する。ステップ115では、NUMが所定値に達したかどうかをチェックする。NUMが所定値に達していないときは、ステップ101へ戻る。これにより、一定時間 Δt 毎に連続して繰り返し、先行車までの距離が求められるとともに、先行車の画像上の大きさが求められ、それぞれが逐次記憶、保管される。

【0060】NUMが所定値に達すると、ステップ115から116へ進み、第1の相対速度算出部9において、距離の変化をもとに先行車と自車間の相対速度 V_1 を求める。一定時間毎の距離を先の図3のようにグラフにプロットし、そのグラフ上の点列の最小二乗誤差直線の傾きを算出することにより、相対速度 V_1 が求められる。

【0061】次いで、ステップ117に進んで、第2の相対速度算出部13において、画像上の先行車の大きさ

の変化をもととして相対速度 V_2 を求める。ここでは、同じ先行車に追従している間、処理時間間隔 Δt 毎に求めた y_w を用いて、式(3)により算出した距離 Z について、先の図3に示すようなグラフの最小二乗誤差直線の傾きとして相対速度 V_2 を求める。

【0062】以上により、距離の変化をもとにした相対速度 V_1 と先行車の大きさの変化をもとにした相対速度 V_2 が求められると、次にステップ118において、軸ずれ判断部14で軸ずれの有無の判断を行う。ここでは、各速度 V_1 、 V_2 の差が所定のしきい値より大きいかどうかをチェックし、その差がしきい値以上となれば軸ずれが発生しているものとする。軸ずれが発生していなければ、ステップ101に戻り、上記のフローを繰り返し、先行車との距離計測を継続する。一方、軸ずれが発生している場合には、ステップ119に進んで、距離計測を停止するなどの対応措置をとる。

【0063】本実施例は以上のように構成され、ステレオ画像処理による車間距離計測においてステレオ画像処理で求めた先行車までの距離の時間的変化から相対速度 V_1 を求めるとともに、画像上の先行車の大きさの時間的変化から相対速度 V_2 を求め、これら2つの相対速度を比較することにより、ステレオカメラの軸ずれを判断するようにしたので、従来のような取付け位置認識マークによって対象物の検出が不能になったり、運転者の視界を妨げるような不都合なく軸ずれを検出することができるとともに、微妙な軸ずれも確実に検出できる。さらに、本実施例では車間距離計測を行うとともに、相対速度も算出されるという効果を有している。

【0064】次に、本発明の第2の実施例について説明する。これは、画像上の先行車位置の検出に際して、画像全体を所定の大きさのブロック毎に区切り、ブロック毎に求めた距離をもとに、最も近い距離が求められたブロックの固まりを先行車とするものである。図18は本実施例の構成を示す図である。図10の第1の実施例における先行車検出部5、マッチング位置検出部6および車間距離算出部7のかわりに、それぞれブロック毎エッジ検出部15、ブロック毎マッチング位置検出部16およびブロック毎距離算出部17が設けられている。そして、先行車位置・大きさ・距離判断部20がブロック毎距離算出部17、先行車の実際の大きさ算出部11および車間距離保管部8に接続されている。さらに、先行車位置・大きさ・距離判断部20は、画像上の大きさ検出部10を廃して直接大きさ保管部12'に接続されている。

【0065】まず、上記構成における先行車位置の検出とブロック数の時間的変化をもとにした第1の相対速度 V_1 の求め方について説明する。まず、ブロック毎エッジ検出部15では、図19に示すように、画像A内の空の領域を除いた部分を $x_{bk} \times y_{bk}$ を単位とする複数ブロックに区切る。そして、各ブロック内で横エッジを

検出する。

【0066】ブロック毎マッチング位置検出部16では、画像Aにおいて定義した個々のブロックをテンプレートとして、前実施例での距離計測と同じように正規化相関法により類似度の最も高いブロックの位置を画像B内で探し、マッチング位置を検出する。ブロック毎のマッチングに際しては、先行車は横エッジを多く持つため、ブロック内に先行車が存在する場合に背景の画像より先行車の横エッジが強調されるように水平微分画像を用いる。ブロック毎距離算出部17ではこのマッチング結果を用いて、各ブロック毎に距離を求める。

【0067】こうして、先行車が撮像されている場合には、撮像されているそれぞれのブロックまでの距離が求められるので、このあと、先行車位置・大きさ・距離判断部20において、全てのブロックのうち最短距離のものでかつ隣接するブロックの固まりを先行車候補として、候補の中からブロックの固まりの長さ条件等を用いて先行車を検出する。したがって、ここで先行車の画像上の位置と距離と大きさが同時に求められることになる。この先行車の画像上の位置と距離と大きさは、新しい画像入力に基づく検出毎に更新して先行車位置・大きさ・距離判断部20内に記憶される。また、距離データは車間距離保管部8に記憶、保管される。

【0068】初回の画像入力に基づいて先行車を検出された次回以降は、前回検出した先行車を検出対象として追従することになる。この場合、同じ先行車に追従中は先行車の大きさや距離が急激に変わることはないから、先行車位置・大きさ・距離判断部20に記憶されている前回の距離、先行車の画像上の位置およびその大きさの変化を確認しながら追従する。もし、距離、画像上の位置および大きさのいずれかにおいて急激に値が変化した場合には、検出した先行車が入れ替わったものと判断する。

【0069】前実施例と同様、同一の先行車に追従している間、先行車までの距離が一定時間 Δt 毎に所定回数連続して繰り返し求められ、車間距離保管部に逐次保管される。そして、第1の相対速度算出部9において、距離の変化をもとに先行車と自車間の相対速度 V_1 を求める。この実施例では、ブロック毎エッジ検出部15、ブロック毎マッチング位置検出部16、ブロック毎距離算出部17および先行車位置・大きさ・距離判断部20が一体となって、発明の大きさ・距離判断手段を構成している。

【0070】次に、先行車の大きさの変化をもとにした相対速度 V_2 の求めかたについて説明する。図19に示したように各ブロックの大きさを $(x_{bk} \times y_{bk})$ とした場合、先行車と判断したブロックの固まりの縦の列の個数が N であれば、先行車の画像上の縦方向の大きさは、

$$y_{wb} = y_{bk} \times N$$

(9)

であると判断することができる。したがって先行車の画像上の縦方向の大きさの変化は縦方向のブロック数 N の変化として求めることができる。

【0071】これに基づき、大きさ保管部12'には先行車追従中、先行車位置・大きさ・距離判断部20から一定時間 Δt 毎に先行車と判断したブロックの固まりのブロック数が逐次保管される。そして、第2の相対速度算出部13'では、上記式(9)による y_{wb} と先行車の実際の大きさ h とから前述の式(3)により算出した距離 Z について、先の図3に示すようなグラフの最小二乗誤差直線の傾きとして相対速度 V_2 を求める。その他の構成は前実施例と同様である。

【0072】ところで、この実施例において、先行車の画像上の縦方向の大きさは、ブロックの大きさの単位である y_{bk} の倍数という離散的な値として求められる。しかし、これを用いて求められる相対速度 V_2 は、ステレオ画像処理結果の距離をもととして求める相対速度 V_1 より精度が良く、軸ずれの判断用として十分な信頼性を備える。一般に、ステレオ画像処理では、2枚の画像間のマッチングを行い易くするため、検出距離に対して眼間距離 D を短くすることが求められる。とくに車載ステレオカメラによる車間距離計測では、カメラをコンパクトに構成することが要求されるため、通常、カメラから先行車までの距離がステレオカメラの眼間距離 D に対して50~100倍程度になるように設定されているものが多い。

【0073】このように、検出距離が眼間距離に対して長いと、マッチングは行い易くなるが、一方のカメラの光軸が他方のカメラの光軸に対してずれたときの検出距離の誤差が大きという問題がある。例えば、焦点距離 $f = 1000$ 画素($1/2$ inch、25万画素のCCDにおいて、 $f = 10$ mmは $f =$ 約1000画素に換算される)、眼間距離 $D = 0.1$ mにおいて、20 m先の先行車を認識する場合を考えると、画像上の視差($y_b - y_a$)は5画素($= 1000 \times 0.1/20$)となる。仮に1画素だけマッチング位置がずれる程度に軸がずれて視差が4画素になったとすると、本来距離20 mのところは距離25 m($= 1000 \times 0.1/4$)として求められる。

【0074】一方、先行車の画像上での大きさは、仮に先行車の高さを1 mとし、前述と同じように $f = 1000$ 画素のカメラを用いて20 m先にある先行車を撮像すると、式(3)を変形して高さ $y_{wb} = 50$ 画素($= 1 \times 1000/20$)に撮像される。つまり、画像上の先行車の高さの認識に1画素程度の誤差ができたとしても、仮に、先行車の高さ h が求められている場合であれば、先行車の大きさから求めている相対速度はほとんど影響を受けない。

【0075】また、前述の計算より、ステレオ画像処理で20 m先を認識する場合では、画像上での1画素の誤

差は実計測での5mの誤差に相当することがわかる。しかし、仮に、 $f = 1000$ 画素のカメラを用いて、高さ1mの先行車を撮像したときの画像上での先行車の大きさを求めると、25m先では50画素($= 1 \times 1000 / 25$)、20m先では40画素($= 1 \times 1000 / 20$)に撮像される。したがって、20m先における5mの誤差が画像上での10画素の誤差に相当することがわかる。以上のように、先行車の大きさの変化から求めた相対速度 $V2$ は、ステレオ画像処理結果をもとに求める相対速度 $V1$ より精度が良い。

【0076】本実施例は以上のように構成され、入力画像を所定の大きさの複数ブロックに区切り、ブロック毎に求めた距離値をもとに先行車位置と先行車の画像上での大きさを求める構成としたので、前実施例と同じ効果を有するとともに、先行車の位置検出を行うと同時に先行車までの距離と大きさが求められるので、その後の処理が短縮化されるという利点がある。なお、この実施例では先行車の画像上の大きさとして縦方向のブロック数を用いたが、図19にMで示すように横方向のブロックの並びの数を用いてその時間的変化から相対速度 $V2$ を求めるものとしてもよい。

【0077】次に、図20は第3の実施例の構成を示す。これは、図18の第2の実施例における大きさ保管部12'のかわりに、上下エッジ検出部21とエッジ間距離保管部22を設け、第2の相対速度算出部13ではエッジ間距離から相対速度 $V2$ を求めるようにしたものである。先行車位置の検出とブロック数の時間的変化をもととした第1の相対速度 $V1$ の求め方は、第2の実施例における同じである。

【0078】一方、第2の相対速度 $V2$ は次のような処理によって求める。まず、上下エッジ検出部21において、先行車位置・大きさ・距離判断部20で先行車として特定したブロックの固まりから、その最下端と最上段の列を決定する。そして、図21に示すように、最下端および最上段の列においてそれぞれ所定のしきい値以上の強度と長さを持つエッジ位置を検出して、最上段と最下端のエッジ間の距離 ywe を画素単位で求め、これをエッジ間距離保管部22に記憶、保管する。エッジ間の距離 ywe は、先行車追従中、先行車位置・大きさ・距離判断部20で一定時間 Δt 毎に先行車と判断したブロックの固まりを特定するのに対応して、逐次保管される。

【0079】そして、第2の相対速度算出部13では、上記式(9)による $yw(ywe)$ と先行車の実際の大きさ h とから前述の式(3)により算出した距離 Z について、先の図6に示すようなグラフの最小二乗誤差直線の傾きとして相対速度 $V2$ を求める。その他の構成は第1の実施例と同様である。

【0080】本実施例は以上のように構成され、先行車の最上段と最下端のエッジ間の距離 ywe を画素単位で

求め、この時間的変化をもとに相対速度 $V2$ を求めるものとしたので、前実施例でのブロックの倍数である離散値を用いた場合に比較して、より一層高精度に相対速度 $V2$ が求められるという利点を有する。

【0081】

【発明の効果】以上のとおり、本発明は、2台のカメラを用いたステレオ画像処理による距離計測装置において、画像上で検出した計測対象物についてステレオ画像処理で求めた当該計測対象物までの距離の時間的変化から第1の相対速度を求めるとともに、いずれかの画像上の計測対象物の大きさの時間的変化から第2の相対速度を求め、両者を比較することにより2台のカメラの光軸のずれを判断するものとしたので、例えば車間距離計測では運転者の視界を妨げたり対象物と重なってその対象物の検出を不能にしたりすることのある取付け位置認識マークを不要としながら軸ずれを検出することができ、しかも従来困難であった微妙な軸ずれも確実に検出できるという効果が得られる。さらに、対象物との距離計測に加えて、相対速度も併せて求められるという効果もある。

【0082】また、とくに画像上での計測対象物の検出に際して、第1の画像を複数のブロックに区切り、各ブロック内に撮像されている対象物までの距離を求め、当該距離のうち最小値の対象物が撮像されているブロックの固まりを計測対象物が撮像されている領域とすることにより、その最小値を計測対象物までの距離とするとともに、同時にブロックの数により画像上の計測対象物の大きさが求められるという利点が得られる。

【0083】さらに、上記ブロックの固まりにおける互いに最離間している2つの列からそれぞれエッジを検出して、このエッジ間のあらためて画像上の計測対象物の大きさとして用いることにより、第2の相対速度がより高精度に算出されるので、軸ずれを精度良く検出できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ステレオ画像処理による距離算出手法を説明するための説明図である。

【図2】画素と焦点距離の関係を示す説明図である。

【図3】距離の変化から相対速度を求める原理を説明する図である。

【図4】画像上の大きさと距離の関係の説明図である。

【図5】画像上の大きさと距離の関係の説明図である。

【図6】軸がずれたときの距離計測の様子の説明図である。

【図7】軸ずれの有無による画像の変化を示す図である。

【図8】光軸が傾いたときの結像位置の変化を示す説明図である。

【図9】光軸が傾いたときの先行車の大きさの変化を示す説明図である。

【図 10】第 1 の実施例の構成を示すブロック図である。

【図 11】実施例における処理の流れを示すフローチャートである。

【図 12】実施例における処理の流れを示すフローチャートである。

【図 13】画像上での先行車位置の検出法を説明図である。

【図 14】正規化相関法によるステレオ画像間でのマッチング位置の検出方法を示す説明図である。

【図 15】追従時の正規化相関法による位置検出方法を示す説明図である。

【図 16】先行車の画像上での上端位置と下端位置の検出要領を示す説明図である。

【図 17】画像上での先行車の縦横方向の大きさとそれが撮像される y 軸方向の位置の関係を説明図である。

【図 18】第 2 の実施例を示すブロック図である。

【図 19】画像上に区切るブロックを示す図である。

【図 20】第 3 の実施例を示すブロック図である。

【図 21】第 3 の実施例における先行車の画像上での上端位置と下端位置の検出要領を示す説明図である。

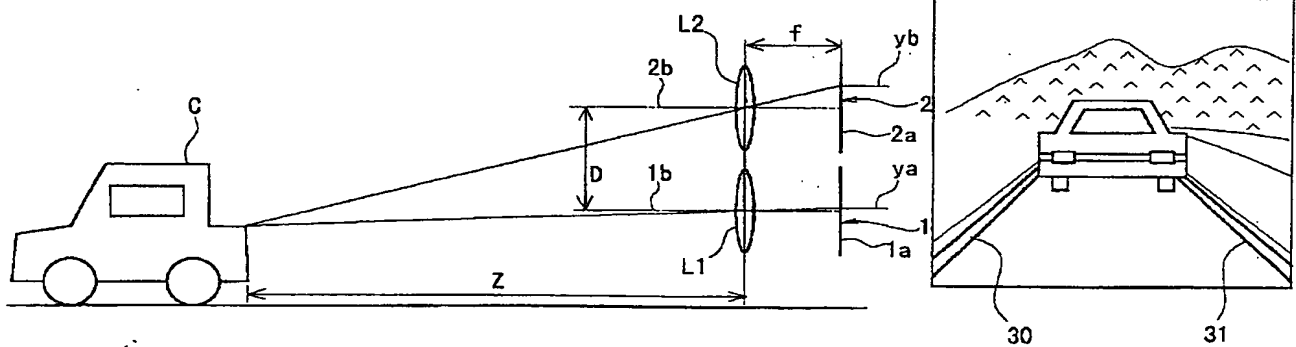
【符号の説明】

- 1、2 カメラ
1a、2a CCD
1b、2b 光軸
3、4 画像メモリ

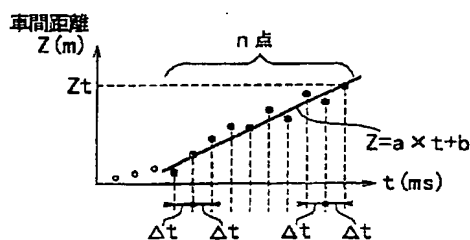
- 5 先行車検出部（対象物検出手段）
6 マッチング位置検出部（マッチング位置探索手段）
7 車間距離算出部（距離算出手段）
8 車間距離保管部（距離記憶手段）
9 第 1 の相対速度算出部（第 1 の相対速度算出手段）
10 10 画像上の大きさ検出部（画像上の大きさ検出手段）
11 先行車の実際の大きさ算出部（実際の大きさ算出手段）
12、12' 大きさ保管部（大きさ記憶手段）
13、13' 第 2 の相対速度算出部（第 2 の相対速度算出手段）
14 軸ずれ判断部（軸ずれ判断手段）
15 ブロック毎エッジ検出部
16 ブロック毎マッチング位置検出部
17 ブロック毎距離算出部
20 先行車位置・大きさ・距離判断部（計測対象物の大きさ・距離判断手段）
21 上下エッジ検出部（両端エッジ検出手段）
22 エッジ間距離保管部（大きさ記憶手段）
L1、L2 レンズ
C 先行車
f 焦点距離
D 眼間距離

【図 1】

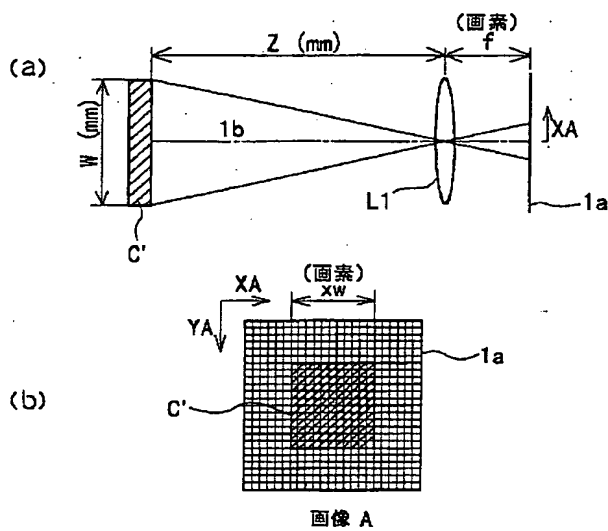
【図 13】



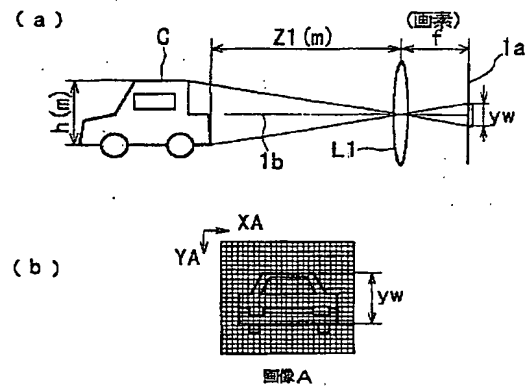
【図 3】



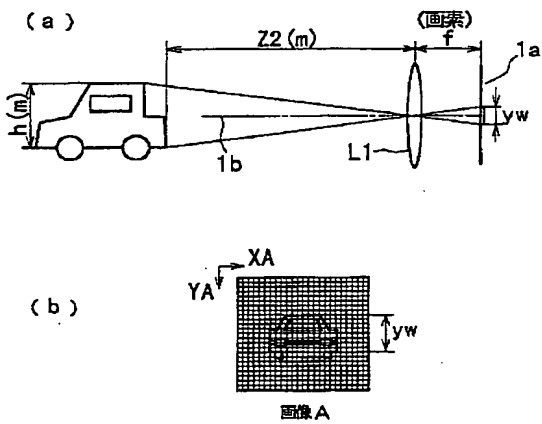
【図 2】



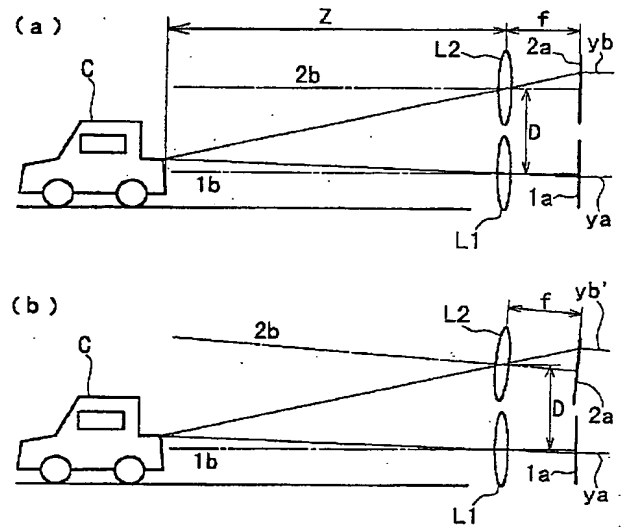
【図 4】



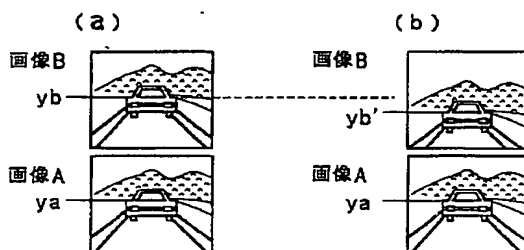
【図 5】



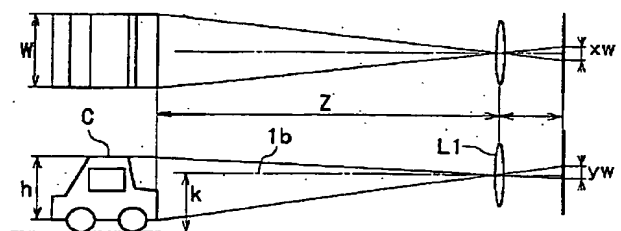
【図 6】



【図 7】



【図 17】



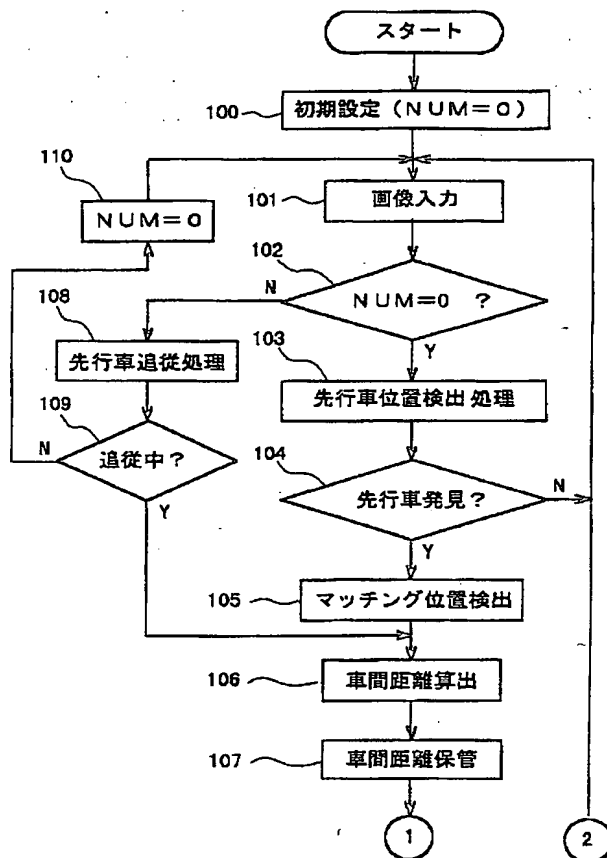
(a)

(b)

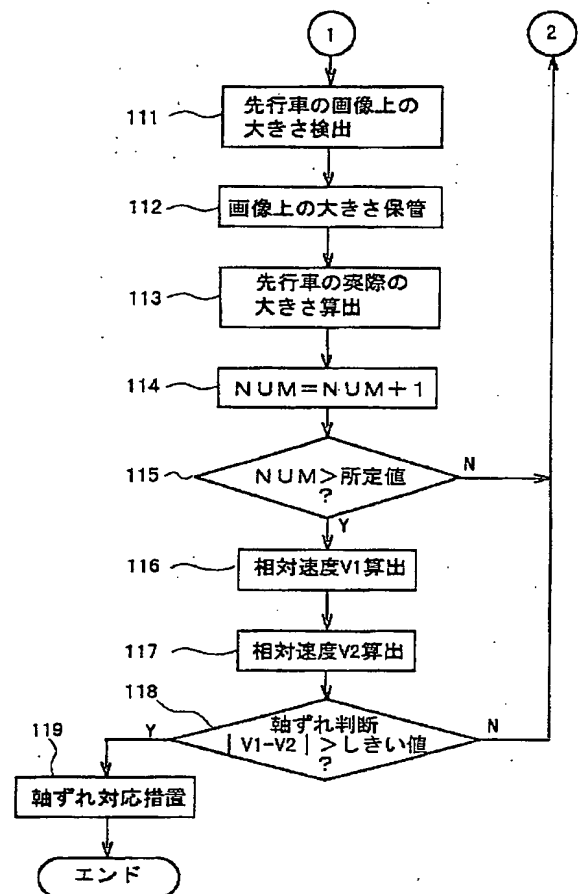
Figure 1 is a schematic diagram of a vehicle's field of view on a grid. A car is centered on a grid. A horizontal bracket labeled 'M' spans the width of the grid. A vertical bracket labeled 'N' spans the height of the grid. A curved line labeled 'xbk' represents the horizon. A curved line labeled 'ybk' represents the vehicle's field of view. The area between the horizon and the field of view is filled with a pattern of small triangles.

Figure 1 is a block diagram of a vehicle distance measurement system. On the left, a vehicle C is shown with its front and rear cameras (1a, 2a) and (1b, 2b) capturing images of a target vehicle. The images are processed by image memories (3, 4) and then by a matching position detection unit (6). The system also includes a first relative speed calculation unit (9), a second relative speed calculation unit (13), a size detection unit (10), a size storage unit (12), and a yaw judgment unit (14). The units are interconnected to provide real-time distance and speed data.

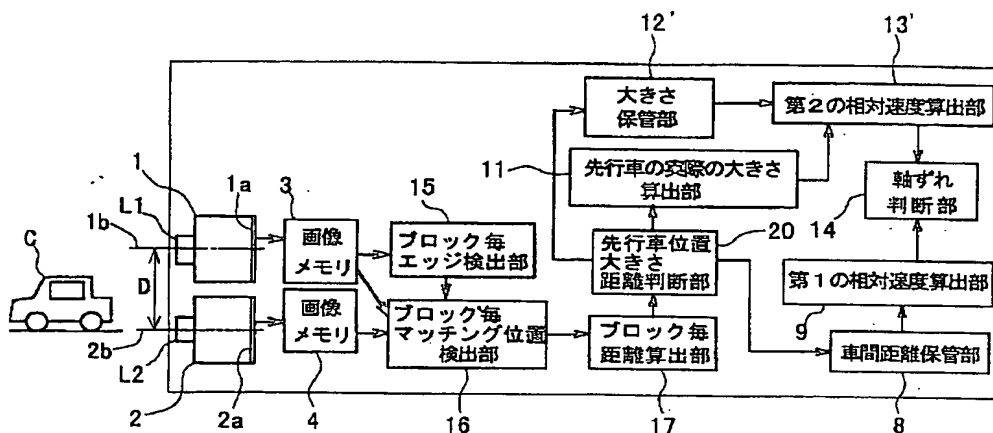
【図11】



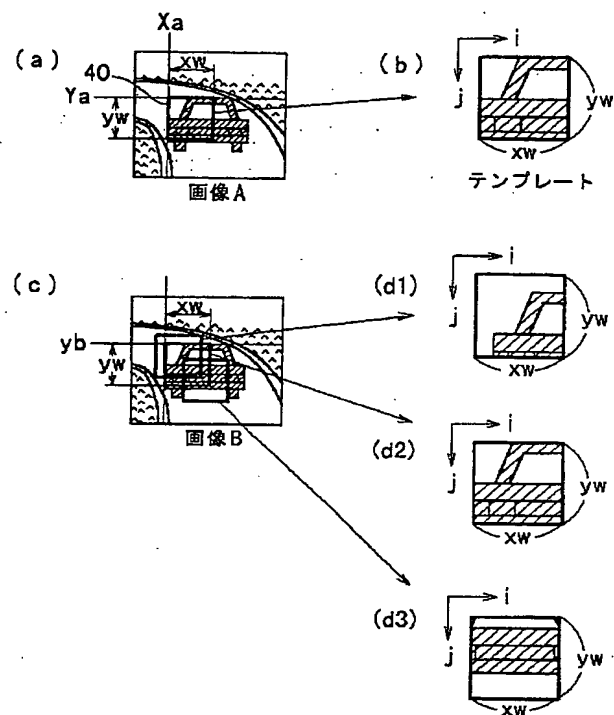
【図12】



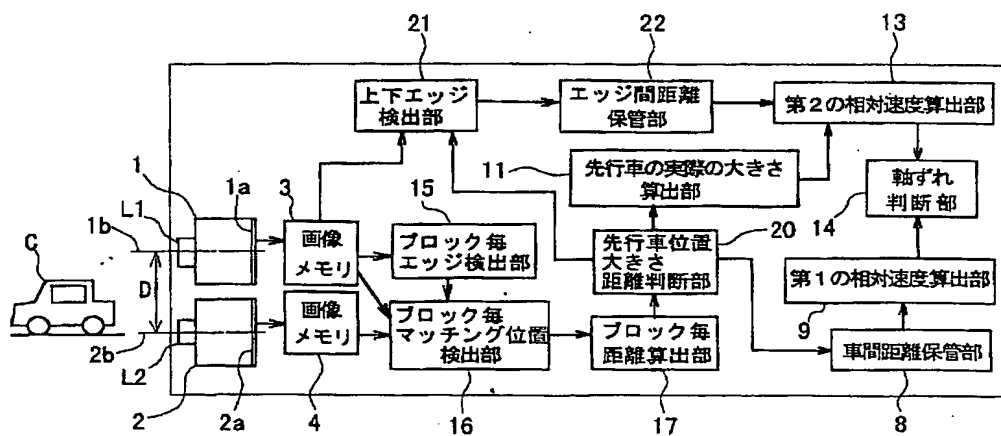
【図18】



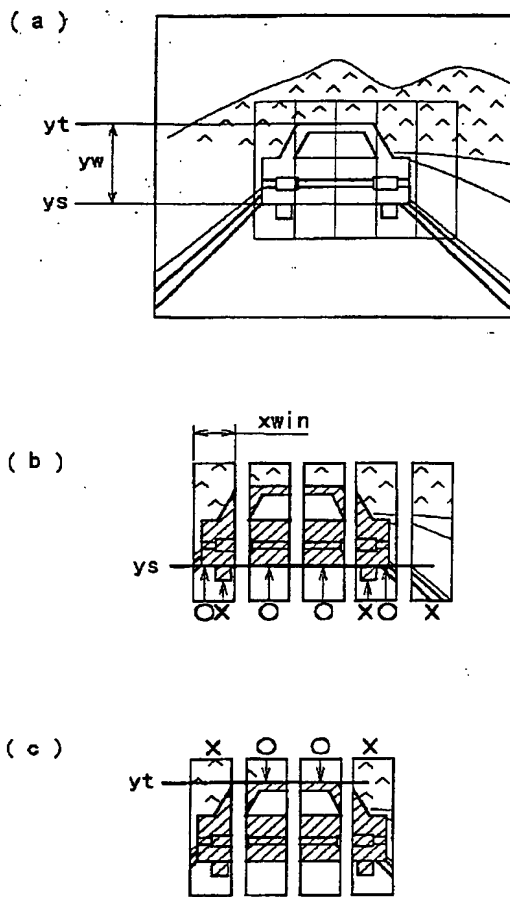
【图 15】



【図 20】



【図16】



【図21】

